



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械原理与机械设计

(第三版)

上册

主编 陈晓岑 杨光 周杰

高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械原理与机械设计

Jixie Yuanli yu Jixie Sheji

(第三版)

上册

主 编	陈晓岑	杨 光	周 杰
副主编	毛 娅	肖 佩	卢耀舜
顾 问	彭文生	李志明	黄华梁

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是根据教育部制定的高等学校机械类专业本科《机械原理课程教学基本要求》与《机械设计课程教学基本要求》，在第二版使用经验的基础上修订而成的。

本书第一、二版原名《机械设计》，由彭文生、李志明、黄华梁主编。为便于教学，本版更名为《机械原理与机械设计》，分上、下两册共24章。上册是机械原理部分，下册是机械设计部分。

本册为机械原理部分，共9章。第1章机构设计基础，第2章平面连杆机构及其设计，第3章凸轮机构及其设计，第4章齿轮机构及其设计，第5章轮系，第6章其他机构，第7章机械系统动力学分析，第8章机械系统的平衡，第9章机械系统的运动方案设计。书后附有机械原理名词术语中英文对照表。

与本书配套的《机械原理与机械设计习题集》(第三版)(毛娅等主编)、《机械设计课程设计》(第二版)(杨光等主编)、《机械设计教学指南》(彭文生等主编)、《机械设计学习指导与典型题解》(侯玉英等主编)已由高等教育出版社出版，以上各书均含机械原理、机械设计内容，可供读者选用。

本书可作为高等工科大学机械类专业机械原理与机械设计课程分别开课或合并开课的教材，也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理与机械设计.上册/陈晓岑,杨光,周杰
主编.--3版.--北京:高等教育出版社,2014.7
ISBN 978-7-04-039981-3

I. ①机… II. ①陈… ②杨… ③周… III. ①机构学-高等学校-教材②机械设计-高等学校-教材 IV. ①TH111②TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第111454号

策划编辑 卢广 责任编辑 卢广 封面设计 李小璐 版式设计 马敬茹
插图绘制 杜晓丹 责任校对 陈旭颖 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landraco.com
印 刷	北京鑫海金澳胶印有限公司		http://www.landraco.com.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2002年8月第1版
印 张	14.25		2014年7月第3版
字 数	340千字	印 次	2014年7月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	21.30元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 39981-00

第三版前言

本书是根据教育部制定的高等学校机械类专业本科《机械原理课程教学基本要求》和《机械设计课程教学基本要求》，在总结前版使用经验的基础上修订而成的。

本书第一、二版原名《机械设计》，由彭文生、李志明、黄华梁主编。为便于教学，同时贯彻落实教育部“卓越工程师培养计划”加强本科教育和教学改革，提高学生的综合素质，培养造就创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量工程技术人才，本书按精品教材建设的要求进行了修订，更名为《机械原理与机械设计》，并分上、下两册。

本次修订原则是：以继承为主，在保持和发扬第二版教材特色的基础上，从内容到形式进行了新的探索；树立精品意识，千方百计提高教材质量，把本教材锤炼成为精品教材。具体进行了以下几项工作：

1. 把原来的一本教材分成上、下两册，上册为机械原理部分，下册为机械设计部分，两册内容既相互独立，又有机融合，以方便教学。

2. 本书所涉及的国家标准尽可能使用最新颁布的标准。同时对有些公式按新国家标准规定的最新计算方法进行了订正，并对个别章节内容进行了适当的增删。

3. 下册把原来的第二十二章中的轮类零件的结构设计分别按类插入到相关章节中。

4. 与本书配套的《机械原理与机械设计习题集》、《机械设计课程设计》、《机械设计教学指南》、《机械设计学习指导与典型题解》(以上各书均含机械原理和机械设计内容)已由高等教育出版社出版，更方便了教与学。

本书分上、下两册，本册为机械原理。参加本册修订工作的有：武汉理工大学陈晓岑(第1章部分、第4章)、毛娅(第2章、第3章部分)、周杰(第5章、第6章部分)、肖佩(第7章)、卢耀舜(第8章)、杨光(第9章部分)、武汉理工大学华夏学院刘春(第1章部分)、河南科技大学何晓玲、田同海(第2章、第5章部分)、湖北工业大学魏兵(第3章部分)、武汉科技大学郭毕佳(第6章部分)、华中农业大学王进才(第9章部分)。本册由陈晓岑、杨光、周杰担任主编，毛娅、肖佩、卢耀舜担任副主编。

武汉科技大学校长孔建益教授审阅本书，并提出了宝贵的意见。此外，本书顾问华中科技大学彭文生教授、武汉理工大学李志明教授、广西大学黄华梁教授对本书的修订工作进行了指导，在此谨表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，疏漏之处在所难免，欢迎广大读者提出批评和改进意见。

编者

2014年3月

第二版前言

本书是根据教育部新制定的高等学校机械类专业本科《机械原理课程教学基本要求》和《机械设计课程教学基本要求》、《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》、《教育部关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》(教高[2003]1 号文)、《教育部关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》(教高[2007]5 号文)等有关文件精神,在总结第一版使用经验的基础上修订而成的。

本书第一版于 2002 年 8 月出版,考虑到机械工业迅速发展的需要、国家对 21 世纪培养创新人才的需求,以及适应和实施国家以科学发展观为指导制定的“十一五”规划,我国要建设成为有国际影响力的创新型国家,加强本科教育和教学改革,提高学生的综合素质,培养自主创新人才,为此本书按精品教材的要求进行了修订。

本次修订原则是:以继承为主,在保持和发扬第一版教材特色的基础上,从内容和体系上进行了新的探索;树立精品意识,千方百计提高教材质量,锤炼成为精品教材。具体进行了以下几项工作:

1. 突破原有课程的界限。将机械原理、机械设计、机械创新设计等课程的有关内容进行了重组、融合及整体优化,按照“机构分析与设计—机械系统动力学基础及运动方案设计—机械零部件设计—机械创新设计及系统设计”的新体系划分篇章,以加强课程的整体性和系统性。例如,本书内容编排顺序为:从机构分析与设计到机械创新及系统设计,从机械系统的组成和运动简图设计到机械传动及其零部件设计、机械创新设计、机械系统方案设计和机械传动系统设计。

2. 以系统分析和综合设计能力的培养为主线,突出创新能力的培养和总体方案的设计,并将这一思想贯穿于教材的始终。机械系统总体方案设计是最具有创新性的一个设计环节,例如在各章具体机构及零部件设计计算时,都从整体设计思想出发,联系到具体机械的工况与技术要求,进行系统分析和综合设计能力的训练。另外,对机械创新设计及机械系统设计有专章阐述。对主要章均增加了“设计实例分析及设计时应注意的事项”一节,旨在培养学生的综合设计能力。

3. 为了适应科学技术和经济发展的需要,本书内容进行了大胆的改革,例如增加了机械创新设计、机械系统的运动方案设计、机械系统设计三章全新的内容;对传统教材的内容进行了推陈出新,例如增加了组合机构、点线啮合齿轮、新型蜗杆传动、变速轴承、模糊评价等新内容。

4. 为了加强对学生结构设计能力的培养,本书将机械零部件设计中有关结构设计的内容集中在“常用零部件结构设计”一章,抓住共同特点,通过典型实例的正误对比分析,培养学生的结构创新设计能力。

5. 合理处理传统教学内容与现代教学内容的关系。精选“三基”内容,注意少而精的原则,淡化公式的演绎和推导,适当压缩篇幅,尽量避免重复,以适应学时减少的需要。

6. 为了适应经济全球化、培养大学生的国际化意识和推行的“双语教学”的需要,本书在常

用的名词术语后标注了英文词语,全书共收录 600 余词条。

7. 与本书配套的系列教材《机械设计习题集》、《机械设计课程设计》、《机械设计教学指南》、《机械设计学习指导与典型题解》由高等教育出版社同时出版,更方便教与学。

本书共四篇 24 章,参加本书修订工作的有:华中科技大学彭文生(第一章、第十一章、第二十三章的一部分),河南科技大学何晓玲(第二章)、田同海(第五章)、舒寅清(第十四章),湖北工业大学魏兵(第三章)、王为(第十三章),武汉理工大学陈晓岑(第四章)、韩少军(第七章)、杨光(第八章)、李志明(第十六章)、郭柏林(第二十章),武汉科技学院郭毕佳(第六章)、杨文提(第十章),华中农业大学王进才(第九章),长江大学徐小兵(第十二章),江汉大学彭和平(第十五章),广西大学龙有亮(第十七章)、黄华梁(第二十三章的一部分、第二十四章),湖北汽车工业学院任爱华(第十八章),华南理工大学朱文坚(第十九章),武汉科技大学孙瑛(第二十一章)、陶平(第二十二章)。全书由彭文生、李志明、黄华梁担任主编,朱文坚、陈晓岑、徐小兵、舒寅清、王为担任副主编。

本书承武汉科技大学校长孔建益教授和武汉理工大学王均荣教授审阅,他们提出了宝贵的意见,在此谨表示衷心的感谢。

由于编者的水平和时间所限,误漏之处恐属难免,诚恳欢迎广大读者对本书提出批评和改进意见。

编者

2008 年 1 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897/58582371/58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第 1 章 机构设计基础	1
§ 1-1 概述	1
§ 1-2 平面机构的组成原理及其具有确定运动的条件	4
§ 1-3 平面机构自由度的计算	9
* § 1-4 机构的组成原理及结构分析	14
第 2 章 平面连杆机构及其设计	19
§ 2-1 平面连杆机构的类型特点和应用	19
§ 2-2 平面连杆机构的演化	22
§ 2-3 平面连杆机构的基本特性	25
§ 2-4 平面连杆机构的运动分析	31
§ 2-5 平面连杆机构的力分析	39
§ 2-6 平面连杆机构的设计	58
* § 2-7 多杆机构简介	62
* § 2-8 空间连杆机构简介	64
§ 2-9 连杆机构设计实例分析及设计时应注意的事项	66
第 3 章 凸轮机构及其设计	68
§ 3-1 凸轮机构的应用及分类	68
§ 3-2 从动件的常用运动规律及其选择	71
§ 3-3 平面凸轮轮廓曲线的设计	78
§ 3-4 凸轮机构设计时应注意的事项及实例分析	85
* § 3-5 高速凸轮机构简介	91
第 4 章 齿轮机构及其设计	93
§ 4-1 概述	93
§ 4-2 齿轮齿廓设计	95
§ 4-3 齿轮各部分的名称及几何尺寸计算	99
§ 4-4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	104
§ 4-5 渐开线齿轮的切齿原理及变位齿轮传动	109
§ 4-6 斜齿圆柱齿轮机构	120
§ 4-7 直齿锥齿轮机构	125
* § 4-8 其他齿轮传动简介	129
第 5 章 轮系	134
§ 5-1 轮系的类型	134
§ 5-2 定轴轮系传动比的计算	135
§ 5-3 周转轮系传动比的计算	138
§ 5-4 复合轮系传动比的计算	143
§ 5-5 轮系的功用	145
* § 5-6 行星传动简介	148
第 6 章 其他机构	152
§ 6-1 棘轮机构设计	152
§ 6-2 槽轮机构设计	155
§ 6-3 不完全齿轮机构设计	158
* § 6-4 凸轮式步进机构简介	160
第 7 章 机械系统动力学分析	162
§ 7-1 概述	162
§ 7-2 单自由度机械系统动力学分析	164
§ 7-3 机械系统真实运动规律的求解	168
§ 7-4 机械的运转和速度波动的调节	169
第 8 章 机械系统的平衡	174
§ 8-1 概述	174
§ 8-2 刚性回转体的平衡	175
§ 8-3 平面机构的平衡	178
第 9 章 机械系统的运动方案设计	181
§ 9-1 概述	181
§ 9-2 机构选型与机构组合	183
§ 9-3 机构构型的创新设计方法	188
§ 9-4 机构的运动协调性设计与运动方案的评价	197
§ 9-5 运动方案设计的实例及评价	205
机械原理名词术语中英文对照表	210
参考文献	217

第 1 章

机构设计基础

§ 1-1 概述

在我国古代,“机”、“器”、“械”都有不同的含义。“机械”通常指各种机巧的装置,“机器”的主要含义是机械装置。至近代,“机械(machinery)”已成为各种机械装置的泛称,其含义包括“机器(machine)”。“机械设计(machine design)”即为各种机械装置的设计,特别是装置的机巧之处,用现代语言来说,即为“机械创新设计(mechanical creation design)”。

一、机械原理课程研究的对象

顾名思义,机械原理研究的对象是机械,而机械是机器与机构的总称。

在长期的生产实践中,人们创造发明了各种机械,如电动机、内燃机、机床、汽车、火车、飞机、轮船,等等。

机械的种类繁多,其构造、性能和用途各不相同。但从机械的组成分析,又有其共同点,即它们都是由一些典型的机构、机械零部件及控制操作系统所组成。例如图 1-1 所示的半自动多轴钻床,它由电动机传送出的运动与动力,经带传动 1 及齿轮箱中的齿轮传动(图中未绘出),一方面带动钻头旋转,另一方面经齿轮传动 2、轴 3、滑动轴承 4、万向联轴器 5、蜗杆传动 9、弹簧 8、凸轮机构(主要由推杆 6、凸轮 7 和机架组成),推动工件左右移动,达到钻孔的目的。

又如图 1-2 所示的内燃机,它由气缸体(机架)1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8 及齿轮 9、10 等组成。当燃气推动活塞 4 作往复移动时,通过连杆 3 使曲轴 2 作连续转动,从而将燃气的热能转换为曲轴的机械能。为了保证曲轴 2 连续转动,通过齿轮、凸轮、推杆和弹簧等的作用,按一定的运动规律启闭阀门,以输入燃气和排出废气。细加分析,此种内燃机由三种机构组成:1)由机架 1、曲轴 2、连杆 3 和活塞 4 构成的曲柄滑块机构,它将活塞的往复移动转变为曲轴的连续转动;2)由机架 1、凸轮 8 和推杆 7 构成的凸轮机构,它将凸轮的连续转动转变为推杆的往复移动;3)由机架 1、齿轮 9、10 构成的齿轮机构,其作用是改变转速的大小和方向。

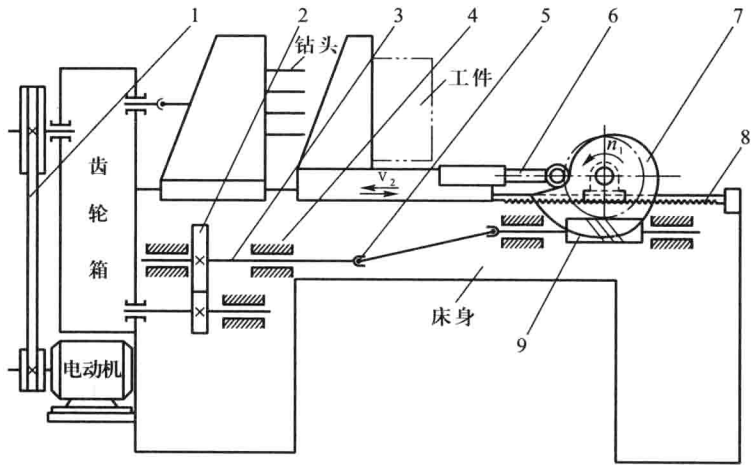


图 1-1 半自动多轴钻床

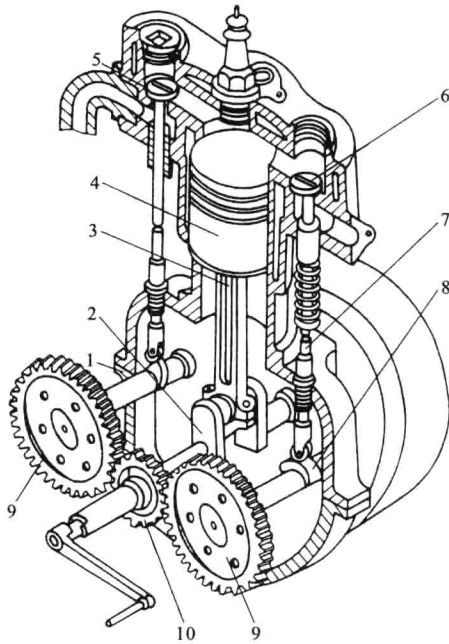


图 1-2 单缸内燃机

又如起重运输机械、冶金矿山机械、轻纺食品机械等,它们的用途、功能要求、工作原理和构造各不相同,但一般都由原动机、工作部分、传动部分和操纵控制系统所组成。而对于较复杂和自动化程度高的机械,往往还包括完成各种功能的信息处理、传递系统。

从上述示例可知:凡能实现确定的机械运动,又能作有用的机械功或完成能量、物料和信息

转换和传递的装置,称为机器,如颚式破碎机(图 1-6)、内燃机(图 1-2)、多轴钻床(图 1-1)等。若只能传递运动和力者,则称为机构(mechanism),如连杆机构、齿轮机构等。但从运动观点来看,两者之间并无区别,所以通常将机器和机构统称为机械。而组成机械的相对运动单元,称为构件(link)。构件可以是单一的零件,也可以是由几个零件组成的刚性结构。构件与零件的区别在于:构件是运动的单元,而零件是制造的单元。

各种机械中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、步进机构等。各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,如螺钉、轴、轴承、齿轮、弹簧等。只在某一类型机器中使用的零件称为专用零件,如内燃机的活塞、曲轴,汽轮机的叶片等。

二、机械原理课程的内容、性质和任务

1. 机械原理课程研究的内容

机械原理课程所研究的是机械共性问题,即关于机构学和机械动力学的基本理论、基本知识和基本技能。概括起来主要有以下几个方面:

(1) 机构的结构理论 即研究机构运动的确定性条件、机构的组成原理及其分类的基本知识。

(2) 机构的运动学 即从运动几何学观点来研究机构中构件及其上点的位移、速度、加速度与轨迹等运动规律,探讨按照预定的运动要求设计机器和机构的方法。

(3) 机构的动力学 即研究机械运动过程中作用在构件上各未知力的求法、机械效率的确定、在已知力作用下机器的真实运动规律、机械速度波动的调节及惯性力的平衡等。

(4) 常用机构的分析与设计 即介绍齿轮、连杆、凸轮及间歇运动机构等常用基本机构的结构特点、运动和动力性能以及它们的设计方法。

(5) 机构的选型及机械系统的设计 即探讨根据工程要求如何选用机构并进行组合,怎样利用基本机构进行变异与创新,确定机器的总体方案、设计出切合实际需要的机械系统。

2. 机械原理课程的性质和任务

机械原理课程是机械工程专业学生的一门重要技术基础课,是学习专业课程和从事机械设备设计的基础。

机械原理课程的主要任务是:1)培养学生正确的设计思想和创造性思维的方法,了解和贯彻执行国家的技术经济政策;2)掌握常用机构的结构、原理、运动特性和机械动力学的基本知识,初步具有分析和设计常用机构的能力,并能正确设计和确定机械运动方案,对设计方案(或构思图)具有自我思考、判断和决策的能力。

3. 机械原理课程的学习方法

机械原理课程是一门设计性质的重要技术基础课,在从基础理论课程学习过渡到专业课程学习的过程中,起着承上启下的作用。特别是新的宽口径专业调整之后,要求淡化专业意识,拓展基础,机械原理课程就更显现出其重要性。机械原理课程涉及内容甚广,许多问题的解答不是唯一的,而是有多种方案可供选择及评价决策。因此,学习时要尽快适应本课程的特点。现将机械原理课程的学习方法简述如下:

(1) 紧密联系生产实际,联系机构及整体机械系统进行分析。

(2) 努力培养自己的创新思维能力和解决工程实际问题的能力。按解决工程实际问题的思

维方法及创新模式努力培养和提高自己的创新设计能力。

(3) 把握每章的重点及分析处理问题的思路和基本方法。本课程中分析问题和解决问题的思路和方法,也正是解决工程实际问题中常用的思路和方法。

§ 1-2 平面机构的组成原理及其具有确定运动的条件

机构是传递运动和动力的机械装置,是构件的组合。然而,机构中构件的随意组合,不一定具有确定的运动,甚至构件之间根本不能产生相对运动。符合什么条件其运动才是确定的,这显然是研究现有机构或创新设计新机构首先要解决的问题。

如果组成机构的各可动构件都在同一平面或相互平行的平面内运动,则这类机构称为平面机构,否则就称为空间机构(spatial mechanism)。

机械中实际的机构,其结构往往是较复杂的。在工程上常用规定的符号绘制机构的运动简图,以表达机构各构件之间的运动关系。借用机构运动简图来分析机构的运动和特性,能使问题既简单又明了。因此,机构运动简图的绘制方法,是应该掌握的内容。

由于机械中广泛采用平面机构,所以本节只讨论平面机构运动简图的绘制及其具有确定运动的条件。

一、运动副

机构中使两构件相互接触而又允许产生某些相对运动的活动连接称为运动副(kinematic pairs),而两构件上直接参加接触构成运动副的部分称为运动副元素。例如图 1-2 所示的内燃机中气缸与活塞的连接,它们既相互接触,同时又允许活塞相对于气缸往复移动,这种活动连接就是运动副。

两个构件组成运动副,其接触部分不外乎是点、线或面,而构件之间允许产生的相对运动与它们的接触情况有关。按照接触情况,通常把运动副分为低副和高副两大类。

1. 低副

两构件为面接触的运动副称为低副(lower pair)。低副又分为转动副和移动副。

(1) 转动副 若运动副只允许两构件作相对转动,则称为转动副或回转副(revolute pair),又称铰链。如图 1-3a 所示的轴 1 与轴承 2,轴 1 可绕轴线 $O-O$ 相对转动而组成转动副,它有一个构件是固定的,称为固定铰链。图 1-3b 所示构件 1 与构件 2 也组成转动副,由于它的两个构件均未固定,故称为活动铰链。

(2) 移动副 若运动副只允许两构件作相对移动,则称为移动副(prismatic pair)。如图 1-4 所示,构件 1 与构件 2 可沿方向线 $x-x$ 相对移动而组成移动副。

2. 高副

两构件为点或线接触的运动副称为高副(higher pair)。它们允许的相对运动是绕瞬时接触的点或线转动和沿瞬时接触处的公切线 $t-t$ 滑动,如图 1-5 所示。图 1-5a 为凸轮 1 与从动件 2 组成的高副,图 1-5b 为轮齿 1 与轮齿 2 所组成的高副。

上述各运动副中,两构件之间的相对运动均为平面运动,统称为平面运动副。若两构件之间

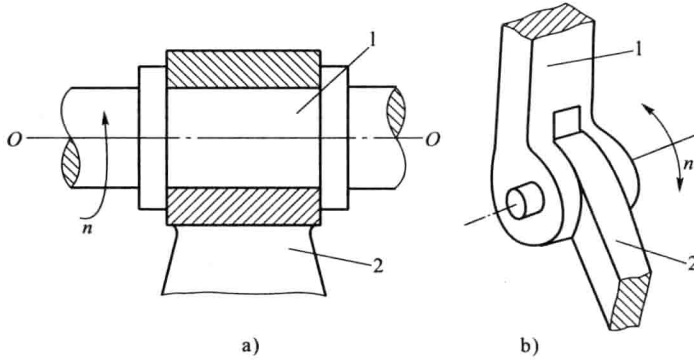


图 1-3 转动副

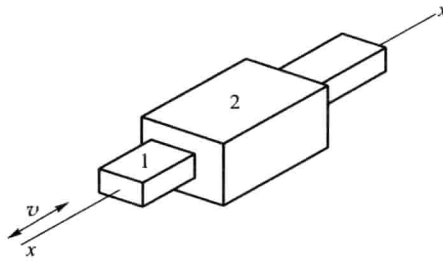


图 1-4 移动副

的相对运动为空间运动,则称为空间运动副。空间运动副参见 § 2-8。

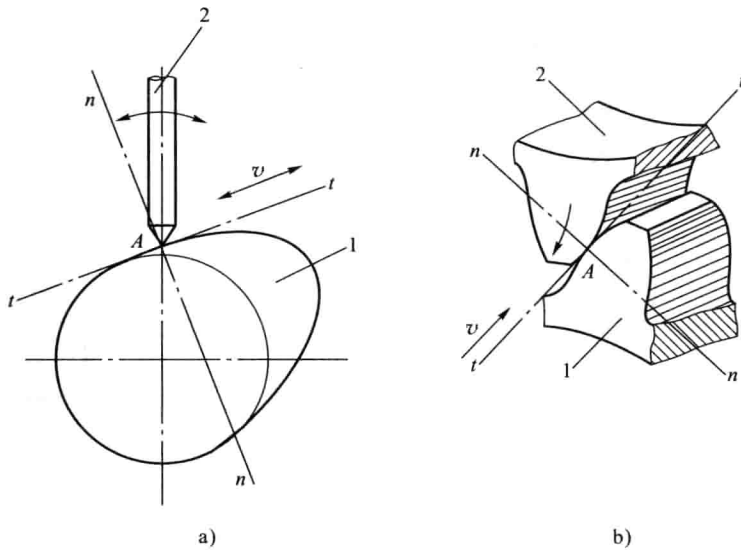


图 1-5 高副

二、平面机构运动简图

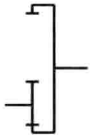

用规定的符号,绘出能准确表达机构各构件之间的相对运动关系及运动特征的简单图形,称为机构运动简图(kinematic diagram of mechanism)。为了能清晰地表达与原机构完全相同的运动特征,在机构运动简图中,要求定出对机构运动有影响的关键尺寸(如运动副之间的相对位置等),而对运动没有影响的尺寸(如构件的形状、截面尺寸等),可以忽略。

GB/T 4460—1984 规定了用于机构运动简图的图示符号,现摘录其中一部分列于表 1-1。表中二副元素构件和三副元素构件指的是具有两个和三个运动副元素的构件。

表 1-1 用于机构运动简图的图示符号

名 称	符 号	名 称	符 号
转动副		杆的固定连接	
棱柱副 (移动副)		电动机	
二副元素构件		径向普通轴承	
三副元素构件		单向径向、推力普通轴承	
		凸轮机构 (高副)	
带传动		锥齿轮 传动	
链传动		蜗轮与圆柱 蜗杆传动	
外啮合圆柱 齿轮机构 (高副)		联轴器	
齿轮齿条 (高副)		弹性联轴器	

续表

名 称	符 号	名 称	符 号
内啮合圆柱 齿轮传动		制动器	

绘制机构运动简图的一般步骤如下:

- (1) 分析机构运动,找出固定件(机架)、主动件和从动件。
- (2) 从主动件开始,按照运动的传递顺序,分析各构件之间相对运动的性质;确定活动构件数目、运动副的类型和数目。
- (3) 选择适当的视图平面和适当的机构运动瞬时位置。
- (4) 选择比例尺 μ_l (cm/mm, m/mm),定出各运动副之间的相对位置,用规定符号绘制机构运动简图。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法。

例 1-1 试绘制图 1-6a 所示颚式破碎机主体的机构运动简图。

解 (1) 颚式破碎机的带轮 5 和偏心轴 2 一起绕回转中心 A 转动时,偏心轴 2 带动动颚 3 运动。由于在动颚与机架 1 之间装有肘板 4,动颚运动时不断挤压矿石。由此分析可知,该机构是由机架 1、主动件偏心轴 2、从动件动颚 3 和肘板 4 等四个构件组成。

(2) 偏心轴 2 与机架 1 组成转动副 A ,偏心轴 2 与动颚 3 组成转动副 B ,动颚 3 与肘板 4 组成转动副 C ,肘板 4 与机架 1 组成转动副 D 。整个机构共有四个转动副。

(3) 图 1-6a 所示视图平面和机构运动的瞬时位置,能够清楚地表达各构件的运动关系,所以按此绘制机构运动简图。

(4) 选定转动副 A 的位置,然后根据各转动副中心间的尺寸,按选定比例尺确定转动副 B 、 C 及 D 的位置。最后用规定符号绘出机构运动简图,见图 1-6b。

说明:1) 动颚 3 与偏心轴 2 是绕 2 的几何中心 B 相对转动,而偏心轴 2 绕机架 1 的回转是以 A 为中心的。故图 1-6b 所示的机构运动简图与原机构运动情况完全相同。2) 由于转动副 B 可绕转动副 A 回转 360° ,所以转动副 B 要选适当位置,避免构件互相重叠或交叉,以使运动简图能清晰表达出各构件之间的关系。

从上述分析可知,任何一个机构随着主动件位置的变化,可以绘出一系列相应位置的机构运动简图。而所绘的运动简图应视为机构运动过程中的某一瞬时状态。

例 1-2 试绘制图 1-7a 所示牛头刨床主传动机构的运动简图。

解 了解和该机床的工作情况知:电动机的运动和动力是经带传动(图中未画出)使齿轮 2 绕轴 A 回转,再经齿轮 3、滑块 4、导杆 5、连杆 6 带动装有刨刀的滑块 7 沿床身 1 的导轨槽作往复直线运动,从而完成刨削工作的。显然,床身 1 为机架,在 A 、 C 、 F 处分别与活动构件 2、3、5 构成转动副,与 7 构成移动副;构件 5、6、7 之间分别在 E 、 G 处形成转动副;滑块 4 则与 3、5 在 D 处分别构成转动副与移动副。齿轮 3、导杆 5 皆为三副构件,机架上有 A 、 C 、 F 、 G 四个运动副,其余构件均为二副构件。最后按比例以运动平面为投影面作出机构运动简图,如图 1-7b 所示。

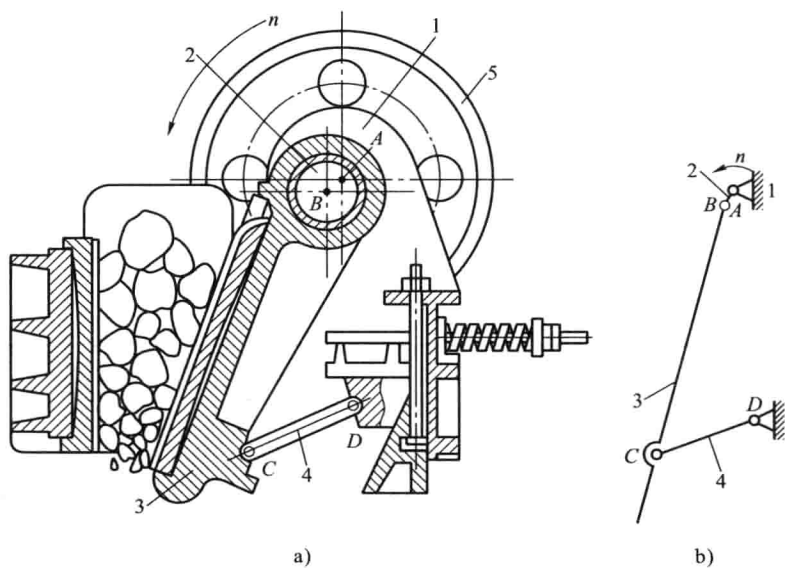


图 1-6 颞式破碎机

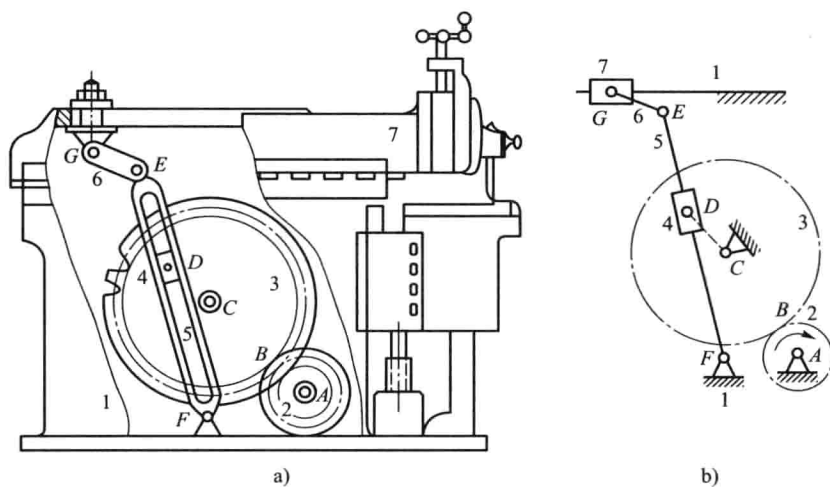


图 1-7 牛头刨床及其主传动机构运动简图

1—床身;2,3—齿轮;4,7—滑块;5—导杆;6—连杆

三、平面机构具有确定运动的条件

如前所述,机构是用运动副连接起来的、有一个构件为机架的构件系统。而所谓机构具有确定运动,是指该机构中所有构件,在任一瞬时的运动都是完全确定的。那么,用运动副连接起来的构件组合应具备什么条件,其运动才是确定的呢?为了回答这个问题,下面用几个实例来讨论。

图 1-8 所示为三个构件用转动副相连接的三铰接杆组合。虽是若干构件的组合,但却是不

能运动的构件组合体(桁架),因而三铰接杆组合不能成为机构。

图 1-9 所示为四个构件用转动副连接的铰接四杆机构。在此机构中,不难看出,构件 1 绕 A 回转,B 点的轨迹为圆;构件 3 绕 D 点回转,C 点的轨迹为圆弧。由几何关系可知,构件 1 位置确定,则构件 2、3 位置也是确定的。即若给定一个独立的运动参数,如构件 1 的角位移规律 $\varphi_1 = \varphi_1(t)$,此时构件 2、3 的运动便是完全确定的。

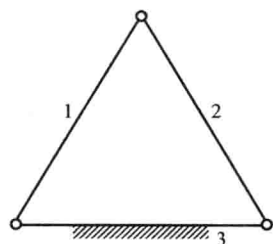


图 1-8 三铰接杆组合

图 1-10 所示为铰接五杆机构。在此机构中,用类似上述方法分析可知,如果也只给定一个独立的运动参数 $\varphi_1 = \varphi_1(t)$,此时构件 2、3、4 的运动显然不能确定。因为当构件 1 处于位置 AB 时,构件 2、3、4 可以处于位置 BC、CD 及 DE,也可处于位置 BC'、C'D'、D'E,或者处于其他位置,即运动不是确定的。但是,如果再给定另一个独立的运动参数 $\varphi_4 = \varphi_4(t)$,即同时给定两个独立的运动参数,则构件 2、3 的位置便是确定的,即铰接五杆机构的运动便是完全确定的。

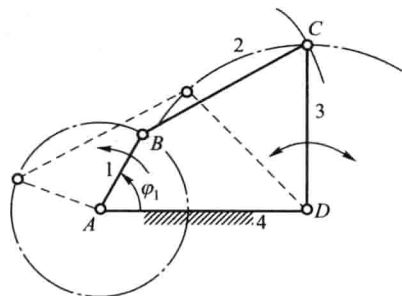


图 1-9 四杆机构

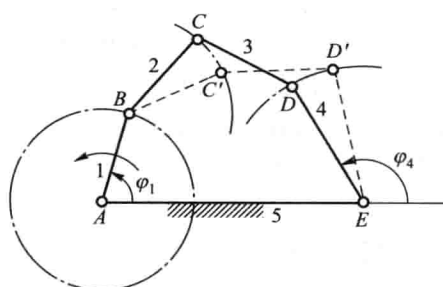


图 1-10 五杆机构

使机构具有确定运动所必须给定的独立运动参数的数目,称为机构的自由度 (degree of freedom)。由上述分析可知,铰接四杆机构的自由度为 1,而铰接五杆机构的自由度为 2。也可这样来叙述,如果机构的自由度为 1,则只要给定一个独立的运动参数,其所有构件的运动便是完全确定的;如果机构的自由度为 2,则必须同时给定两个独立的运动参数,其所有构件的运动才是完全确定的。其余依此类推。

按照独立的运动参数给定的运动规律运动的构件,称为主动件。一般而言,动力源只能给予构件一个独立的运动参数(如回转或移动),所以独立运动参数的个数与主动件个数是相同的。由此可知,要使机构具有确定的运动,机构的主动件个数应等于机构的自由度的数目。这就是机构具有确定运动的条件。

§ 1-3 平面机构自由度的计算

由前节可知,机构具有确定运动的条件是机构的主动件个数等于机构自由度的数目。如果机构的自由度为 1,则机构只需一个主动件,运动便是确定的;如果机构的自由度为 2,则机构需两个主动件,运动才是确定的。